

W 1422

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-308603

(43)Date of publication of application : 17.11.1998

(51)Int.Cl.

H01P 1/20  
H01P 1/12  
H01P 1/15  
H01P 5/04  
H03F 3/60  
H03H 7/12  
H03H 11/04

(21)Application number : 09-353765

(71)Applicant : HE HOLDINGS INC DBA HUGHES ELECTRON

(22)Date of filing : 22.12.1997

(72)Inventor : DE LOS SANTOS HECTOR J

(30)Priority

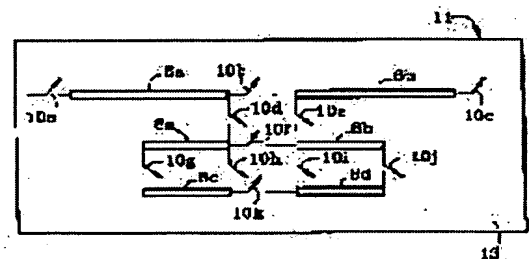
Priority number : 96 771610 Priority date : 21.12.1996 Priority country : US

## (54) TUNABLE MICROWAVE NETWORK USING MICROELECTROMECHANICAL SWITCH

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To acquire the desired frequency response of amplifier network by providing a microelectromechanical (MEM) switch for controlling a microwave signal path between a microwave impedance component and a transmission line.

**SOLUTION:** On a microwave circuit 11 having a substrate 13 of semiconductor materials such as silicon or GaAs or dielectric materials such as aluminium oxide to be used for a hybrid circuit, a tunable induced line network has plural induced lines 6a, 6b, 8a...8d connected by plural switches 10a, 10b...10k, desirably, by MEM switches. The inductance value of entire induced line network is changed by selectively switching several switches at least in the group of MEM switches and the frequency response is changed. Thus, the desired frequency response is outputted by selectively connecting various microwave components on the substrate of hybrid circuit or the like.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.12.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.03.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of 2001-09238

**BEST AVAILABLE COPY**

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision 04.06.2001  
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

W1422

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-308603

(43) 公開日 平成10年(1998)11月17日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 1 P 1/20  
1/12  
1/15  
5/04 6 0 3  
H 0 3 F 3/60

F I  
H 0 1 P 1/20 Z  
1/12  
1/15  
5/04 6 0 3 E  
H 0 3 F 3/60

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-353765  
(22) 出願日 平成9年(1997)12月22日  
(31) 優先権主張番号 7 7 1 6 1 0  
(32) 優先日 1996年12月21日  
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

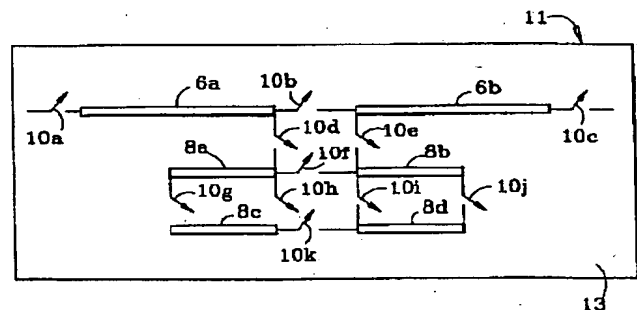
(71) 出願人 390039147  
エイチイー・ホールディングス・インコー  
ポレーテッド・ディーピーイー・ヒュー  
ズ・エレクトロニクス  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
90045-0066, ロサンゼルス, ヒューズ・  
テラス 7200  
(72) 発明者 ヘクター・ジェイ・デ・ロス・サントス  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
90304, イングルウッド, ウェスト・ワン  
ハンドレッドナインティーン・ストリー  
ト 5228  
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

(54) 【発明の名称】 超小型電子機械式スイッチを用いたチューナブルマイクロ波ネットワーク

(57) 【要約】

【課題】 MEMスイッチを用いてMMIC、MICあるいはハイブリッド回路上のネットワークポロジを  
選択的に変更することにより所望の周波数応答を得るマ  
イクロ波チューニングネットワークを提供することにあ  
る。

【解決手段】 MEMスイッチ群を選択的に切り替えて  
ネットワークポロジを変更することにより、モノリ  
シックマイクロ波集積回路上のマイクロ波ネットワー  
クの所望の周波数応答が得られる。MMICフィルタネッ  
トワークにおいて、キャパシタ群とインダクタ群との間  
に接続されたMEMスイッチ群は選択的に切り替えられ  
てネットワーク構成を変化させ所望の周波数応答を得  
る。MMIC増幅器ネットワークにおいて、MEMスイ  
ッチ群は選択的に切り替えられて増幅器を所望の周波数  
応答にチューニングし、高調波出力を低減する。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1つの伝送ラインと；前記伝送ラインにマイクロ波信号路を形成するように接続された少なくとも1つのマイクロ波インピーダンス構成要素と；および前記構成要素と前記伝送ラインとの間のマイクロ波信号路を制御するように接続された少なくとも1つの超小型電子機械（MEM）スイッチと；を具備したことを特徴とする、基板を有するモノリシックマイクロ波集積回路上のチューニングネットワーク。

【請求項2】 前記少なくとも1つのマイクロ波インピーダンス構成要素は複数のキャパシタで構成され、前記キャパシタの少なくともいくつかは前記ネットワークの周波数を調節するように前記MEMスイッチ群により制御可能に接続されることを特徴とする請求項1に記載のチューニングネットワーク。

【請求項3】 前記キャパシタはバイナリの重み付けがされたキャパシタから成ることを特徴とする請求項2に記載のチューニングネットワーク。

【請求項4】 前記マイクロ波インピーダンス構成要素の少なくとも1つは複数のインダクタから構成され、前記少なくともいくつかは、前記ネットワークの周波数応答を調節するように前記MEMスイッチ群により制御可能に接続されることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のチューニングネットワーク。

【請求項5】 前記マイクロ波インピーダンス構成要素の少なくとも1つは複数のインダクタ群およびキャパシタ群から構成され、少なくともいくつかは前記ネットワークの周波数応答を調節するように前記MEMスイッチ群により制御可能に接続され、チューニング可能なフィルタを形成することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のチューニングネットワーク。

【請求項6】 前記マイクロ波インピーダンス構成要素の少なくとも1つは選択された位置に設けられた複数の分路スタブから構成され、前記複数のMEMスイッチ群は前記伝送ラインのインピーダンスを調節するように接続されることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載のチューニングネットワーク。

【請求項7】 入力と出力を有する増幅器をさらに有し；前記少なくとも1つの伝送ラインは入力信号を前記増幅器の入力に伝送するように接続された入力伝送ラインと、前記増幅器出力からの増幅された出力信号を伝送するように接続された出力伝送ラインとから構成され；前記少なくとも1つのマイクロ波インピーダンス構成要素は前記入力伝送ラインおよび出力伝送ラインに隣接する選択された位置に設けられた複数の分路スタブから構成され；および前記少なくとも1つのMEMスイッチは、前記入力伝送ラインのインピーダンスおよび／または前記出力伝送ラインのインピーダンスを調節するように前記伝送ラインおよび各分路スタブとの間に制御可能に接続された複数のMEMスイッチ群とから構成される

ことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のチューニングネットワーク。

【請求項8】 前記増幅器は少なくとも1つの高調波を含む出力信号を発生し、

前記増幅器の出力から高調波チューニング伝送ラインの端部に接続された負荷までの高調波信号路を形成するように接続された高調波チューニング伝送ラインと；前記高調波チューニング伝送ラインに隣接する選択された位置に設けられたさらなる分路スタブと；および前記高調波チューニング伝送ラインから前記出力伝送ラインへの高調波信号の反射を低減するように、前記高調波チューニング伝送ラインと各さらなる分路スタブとの間に制御可能に接続されたさらなるMEMスイッチ群と；をさらに具備したことを特徴とする請求項7に記載のチューニングネットワーク。

【請求項9】 前記分路スタブの少なくともいくつかは開路成端を有することを特徴とする請求項6乃至8のいずれか1項に記載のチューニングネットワーク。

【請求項10】 前記分路スタブの少なくともいくつかは短絡成端を有することを特徴とする請求項6乃至9のいずれか1項に記載のチューニングネットワーク。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明はマイクロ波ネットワークのチューニングに関し、特にモノリシックマイクロ波集積回路（MMIC）、マイクロ波集積回路（MIC）およびハイブリッド回路上の超小型電子機械（MEM）スイッチを用いたフィルタおよび増幅器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、フィルタは、容量性回路および誘導性回路の直列、並列あるいはそれらの組み合わせの回路網により構成される。フィルタはモノリシックマイクロ波集積回路（MMIC）上に実装される場合、一般に、バイナリの重み付けをした単位キャパシタを誘導性回路として使用する。バイナリの重み付けをしたキャパシタはJ. L. McCreary 他著 "All-MOS Charge Redistribution Analog-to-Digital Conversion Techniques—Part I", IEEE J. Solid-State Circuits, vol. SC-10, 1975, 頁371—379に記載されている。フィルタネットワークでは周波数応答特性はその構成、キャパシタの容量値、およびインダクタのインダクタンスにより決定される。MMIC、MICあるいはハイブリッド回路上のキャパシタとインダクタは通常固定されており、少なくとも1つの空洞の形状を変えるためにチューニング用のネジを用いてチューニング可能な導波管フィルタと異なり、MMIC、MICあるいはハイブリッド回路にもとづくフィルタは一般にチューニングできない。

【0003】MMICの回路構成を変更するには、主に2種類の半導体スイッチ、すなわちPINダイオードと電界効果トランジスタ（FET）が用いられる。マイク

ロ波アプリケーションのためのPINダイオードスイッチはJ. C. Hill 他著"PIN Diode Switches Handle High-Power Applications", MSN, 1989年6月, 頁36-40に記載されている。マイクロ波FETスイッチはM. Shifrin他著"Monolithic Control Components Handle 27 W of RF Power", Microwave Journal, 1989年12月, 頁119-122に記載されている。

【0004】一般に、PINダイオードとFETスイッチはオフのときは、絶縁性が低く、Cバンドを超える周波数でスイッチをオンにするとそう入損が大きい。PINダイオードとFETスイッチは比較的低い周波数のマイクロ波動作には適しているが、近代の人工衛星の多くは、Xバンド、Kuバンド、およびKaバンドのより高いマイクロ波周波数で動作する。これらのスイッチは、上記より高い周波数での性能を著しく劣化させる寄生容量および寄生インダクタンスを有し、それゆえチューニングのためにMMICを再構成するのには使用されない。

【0005】PINダイオードとFETスイッチはオン/オフ切り替え動作を可能にするP/N接合を有した半導体装置であり、望ましくない相互変調ひずみが発生する非線形特性を示す。さらに、非線形性により、高調波成分の望ましくない出力信号も発生するので、このスイッチをインピーダンスマッチングが良好でないフィルタネットワークに使用すると、上記J. C. Hill他が記載するように高調波信号にかなりの変化を生じる。

【0006】PINダイオードあるいはFETスイッチを動作させるには、バイアス電圧を与えるために電力を連続して供給する必要がある。それゆえ、たとえスイッチが定常状態、すなわちオンあるいはオフのいずれかの状態にあるときでも電力を消費する。これらのスイッチの多くは、人工衛星に搭載するマイクロ波ネットワーク用に通常必要であり、これらのスイッチを維持するために人工衛星のバッテリーから流れる電力により、人工衛星の動作寿命が短くなる。

【0007】動作を最適化するため、インピーダンスを所望の値にマッチングさせるためのマイクロ波ネットワークのチューニングは、伝統的に手動チューニングで、すなわちネットワークの伝送線の電気的有効長を手動で設定することにより行っていた。手動チューニングの一例では分路スタブを用いる。分路スタブは主伝送ラインと並列に接続された終端伝送ラインセグメントである。主伝送ラインの長さは通常固定されているのに対し、この分路スタブは短絡回路あるいは開路端子を有し、その長さは調節可能である。連続的に調節可能な分路スタブを用いたインピーダンスマッチングは良く知られており、R. E. Collin 著"Foundation for Microwave Engineering", McGraw-Hill, Inc., 1966, 頁207-212に記載されている。

【0008】手動チューニングは、人工衛星の動作のよ

うに、チューニングされるマイクロ波ネットワークが手の届かないところにあるようなアプリケーションには適していない。手動チューニングは、衛星を打ち上げる前に完了し、伝送ラインの長さを調節しなければならない。それゆえ、衛星に搭載された伝送ラインの長さをさらに調節することによりマイクロ波ネットワークの性能を最適化することは実用的ではない。

【0009】適切なチューニングを得るために伝送ラインの有効な電気的長さを変えるために、PINダイオードスイッチとおよび/またはFETスイッチが伝送ラインのセグメントと一緒に配置され、選択的にオン/オフされ、所望の電気的ライン長を得る。増幅器の非線形増幅特性により発生される高調波信号は、基本周波数の整数倍の周波数を有し、一般にはマイクロ波通信アプリケーションには望ましいものではないので、低減しなければならない。高調波信号は、増幅器の入力端および出力端の伝送ラインの有効な電気的長さをチューニングすることにより低減可能である。代表的なマイクロ波電力増幅器はS. Toyoda, "High Efficiency Single and Push-Pull Power Amplifiers", IEEE MTT-S Digest, 1993, 頁277-280に記載されている。

【0010】MEMスイッチは動作電圧により駆動される小型のスイッチング装置であり、通常半導体基板上に作られる。適切な基板として、MMICに使用される半導体材料として最も一般的な種類の半導体材料である、シリコン(Si)およびガリウム砒素(GaAs)を含む。MEMスイッチは、ハイブリッド回路に使用される酸化アルミニウムのような誘電体材料の基板上に成形することも可能である。GaAs MMICのためのMEMスイッチはL. E. Larson 他著"Microactuators for GaAs-based Microwave Integrated Circuits", IEEE Transducers '91 Conference on Solid State Sensors and Actuators, 1991, 頁743-746に記載されている。動作電圧は、スイッチが「オン」状態または「オフ」状態にあるか否かを決定する。

【0011】MEMスイッチの1つの種類は、MEMカンチレバービーム変形可能スイッチであり、回路信号路を開閉するように移動する変形可能なカンチレバービームアームを有し、上記L. E. Larson 他著に記載されている。このスイッチのサイズは小さく、一般的な寸法は、17.5ミクロン×125ミクロンであり、SiおよびGaAsのような種々の材料の基板上に製造可能である。このスイッチは、静電スイッチ電極に印加される電圧信号によりオンまたはオフされる。静電スイッチ電極は半導体基板上に積層される導電層であり、ビームアームの直下に位置する。このスイッチは、電圧信号に応答してビームアームを動かすことにより開閉する。スイッチをオンにする、すなわち可動ビームアームにより回路信号路を閉じるための一般的な動作電圧範囲はおよそ70ボルト乃至90ボルトである。

## 【0012】

【発明が解決しようとする課題】MEMスイッチは衛星に搭載する再構成可能なマイクロ波ネットワークにはこれまで使用されていなかった。これは、接点が機械式であり、高レベルの加速および／または振動の影響で不安定になると考えられていたからである。

【0013】この発明は上述した問題に鑑みて成されたものであり、その目的は、MEMスイッチを用いてMMIC、MICあるいはハイブリッド回路上のネットワークトポロジーを選択的に変更することにより所望の周波数応答を得るマイクロ波チューニングネットワークを提供することである。

【0014】複数の誘導性ラインから構成されるネットワークにおいて、MEMスイッチはライン間に接続され、再構成可能な誘導性回路を形成する。MEMスイッチ群は、バイナリの重み付けがされた単位キャパシタのネットワークにも実装して再構成可能な容量性回路を形成することが可能である。フィルタはこれらの再構成可能な容量性回路および誘導性回路を所望のネットワーク構成に組み合わせることにより形成される。フィルタの周波数応答は容量性回路および／または誘導性回路の少なくともいくつかを選択的に切り替えて回路構成を変更することによりチューニング可能である。

【0015】その他の多くの実装方法も、MEMスイッチにもとづくチューニングネットワークに実現可能である。マイクロ波増幅器ネットワークにおいて、MEMスイッチ群を用いて入力伝送ラインおよび出力伝送ラインの有効な電気的長さを調節し、増幅器を所望の周波数応答にチューニングさせる。増幅器ネットワークは高調波を低減する所望の周波数応答にチューニング可能である。長さや場所を選択して多くの分路スタブを入出力伝送ラインに接続することにより、伝送ラインの出力インピーダンスを変え、その結果増幅器ネットワークの周波数応答が変更される。各分路スタブはMEMスイッチにより伝送ラインに接続される。分路スタブのいくつかに対してMEMスイッチを選択的に閉じ、他のMEMスイッチを開くことにより、増幅器ネットワークの所望の周波数応答を得ることができる。

【0016】この発明のこれらの特徴と利点および他の特徴と利点は添付図面と共に以下の詳細な説明から当業者には明白である。

## 【0017】

【発明の実施の形態】この発明は、MMIC、MICあるいはハイブリッド回路の基板上の異なるマイクロ波コンポーネントを選択的に接続して、所望の周波数応答を出力するような目的のためにネットワークトポロジーを変更するMEMスイッチ群を用いたマイクロ波チューニングネットワークを提供する。伝送ラインのインピーダンスマッチングは多数の分路スタブを所望の位置に配置し、分路スタブをMEMスイッチにより伝送ラインに選

択的に接続することにより得られる。マイクロ波増幅器ネットワークでは、増幅器の入出力端子に接続された伝送ラインはMEMスイッチにより分路スタブに選択的に接続され増幅器が所望の周波数応答にチューニングされる。チューニング可能なマイクロ波フィルタネットワークでは、回路トポロジーは、フィルタの容量性回路および／または誘導性回路を、MEMスイッチを用いて選択的に切り替えることにより変更され所望の周波数応答が得られる。

【0018】MEMスイッチは半導体PINダイオードあるいはFETスイッチに対していくつかの利点を有する。一般的なMEMカンチレバービーム変形可能スイッチの「オン」抵抗および「オフ」容量は、それぞれ2オームおよび1.6フェムトファラッドのオーダーである。低い「オン」抵抗および低い「オフ」容量の結果として、そう入損は「オン」状態において約0.05dBの低さであり、絶縁性は約18GHzの周波数のときの「オフ」状態において、33dBのオーダーである。MEMスイッチは一般に、一般的なマイクロ波PINダイオードあるいはFETスイッチよりも低い「オン」抵抗および低い「オフ」容量を示す。スイッチ群を用いてネットワークの周波数応答を調整するときは、スイッチ群はできるだけ、ほぼ完全なもの、すなわち「オン」状態において、そう入損がほぼ零であり「オフ」状態においてほぼ無限の絶縁性であることが非常に好ましい。それゆえ、MEMスイッチは半導体スイッチよりも、再構成可能なマイクロ波ネットワークに適している。

【0019】MEMスイッチは、直流から高マイクロ波周波数まで、「オン」状態において低いそう入損を、「オフ」状態において高い絶縁性を示す。一般的なMEMスイッチは約45GHzまでの周波数において、「オン」状態において0.5dB未満のそう入損、および「オフ」状態において25dBを超える絶縁性を有する。それゆえ、MEMスイッチはXバンド、KuバンドおよびKaバンドでの動作に適している。さらに、MEMスイッチはそのビームアームの機械的動作により回路信号路を開閉する。MEMスイッチにはP/N接合は存在せず、それゆえ、半導体の電気的特性により非線形性が生じない。MEMスイッチにより発生される相互変調ひずみおよび高調波は非常に小さいので、大抵のアプリケーションの場合無視できる。

【0020】MEMスイッチは半導体PINダイオードあるいはFETスイッチより電力消費が少なく、バイアス電圧を維持するために連続して電力を供給する必要が無い。スイッチをオンにするには動作電圧が必要になるが、この電圧はビームアームを移動させる静電荷しか供給せず、切り替えのために必要な電力はPINダイオードあるいはFETスイッチに必要な連続電力よりもはるかに少ない。それゆえ、MEMスイッチは、電力消費が宇宙船の寿命に直接影響する宇宙船の応用に適してい

る。

【0021】図1はこの発明の一実施形態を示す。チューニング可能な誘導性ラインネットワークは、シリコンあるいはGaAsのような半導体材料、あるいはハイブリッド回路に使用される酸化アルミニウムのような誘電体材料の基板13を有するマイクロ波回路11上に、複数のスイッチ10a、10b、...、10k、望ましくはMEMスイッチにより接続された複数の誘導性ライン6a、6b、8a、...、8dを有する。MEMスイッチ群の少なくともいくつかを選択的にスイッチングすることにより誘導性ラインネットワーク全体のインダクタンス値を変え、それにより周波数応答を変える。この実施形態において、各誘導性ライン6a、6bはインダクタンス値 $L_1$ を有し、誘導性ライン8a、...、8dは各々 $L_2$ のインダクタンス値を有する。スイッチ群10a...10cが閉じ、スイッチ群10d、...、10kが開いている場合、誘導性ライン6a、6bのみが接続され、全体のインダクタンス値は $2L_1$ になる。スイッチ群10b、10f、10hおよび10jが開いていて、10a、10c、10d、10e、10g、10iおよび10kが閉じている場合、ネットワーク全体のインダクタンスは $2L_1 + 2L_2$ となる。スイッチ群10b、10f、10hおよび10iが開いていて、スイッチ群10a、10c、10d、10e、10g、10jおよび10kが閉じている場合、ネットワーク全体のインダクタンス値は $2L_1 + 4L_2$ となる。他の誘導性ネットワーク構成も実現可能であり、各誘導ラインは同じかあるいは異なるインダクタンス値を持ち得る。誘導性ラインネットワークは全体として、フィルタにおける1つの調節可能なインダクタとして使用することができ、その調節はMEMスイッチ群を選択的にスイッチングすることにより行われる。

【0022】図2は、半導体あるいは誘電体材料の基板13を有するマイクロ波回路11上に、複数のスイッチ群14a、14b、...、14k、望ましくはMEMスイッチ群により接続された複数のバイナリの重み付けされたキャパシタ、すなわち上極板群12a、12b、...、12gを有するチューニング可能なキャパシタネットワークを示す、この発明の実施形態である。バイナリの重み付けがされたキャパシタは図3に示す断面を有し、上極板12dは半導体基板13上に位置し、半導体基板13は、コモングラウンドプレーン16上に位置する。グラウンドプレーン16は通常接地され、上極板12dと共に、バイナリの重み付けされたキャパシタの平行板として機能する。

【0023】キャパシタネットワークは全体としてMMIC、MICあるいはハイブリッド回路上のフィルタにおける1つの調節可能なキャパシタとして使用される。図2に戻ると、MEMスイッチ群14a、14b、...、14kは選択的に切り替え可能なキャパシタ回路

のトポロジーを再構成してネットワーク全体の容量値を変え、それにより周波数応答を変えることができる。この実施形態では、各キャパシタ12a、12b、...、12gは容量値 $C_1$ を有し、伝送ラインセグメント18はスイッチ群14b、14cおよび14dを介してキャパシタに接続される。キャパシタのいくつかを接続し、他を切り離すことにより、ネットワークのキャパシタンスを変えることができる。例えば、ネットワーク全体のキャパシタンスを $2C_1$ にするには、スイッチ群14a、14cおよび14jを閉じ、スイッチ群14b、14d、14e、14f、14g、14h、14i、および14kを開く。また、 $4C_1$ のネットワークキャパシタンスを得るには、スイッチ群14a、14b、14e、14h、14iおよび14kを閉じ、スイッチ群14c、14d、14f、14gおよび14jを開く。図2はMEMスイッチが接続されたキャパシタネットワークの1つの構成のみを示す。他の構成も実現可能である。

【0024】図4は、チューニング可能なフィルタが図1および2aのラインに沿ってキャパシタネットワークとインダクタネットワークを併せ持つこの発明の他の実施形態を示す。入力伝送ライン20はキャパシタンス値 $C_2$ を有するバイナリの重み付けがされたキャパシタ22aに接続され、キャパシタ22aは図2と同様のキャパシタネットワーク24aに接続され、ネットワークのキャパシタンスを調節するための複数のMEMスイッチ群を有する。キャパシタ22aは図1と同様のインダクタ回路26aに接続される。フィルタは、キャパシタ22a、22b、22c、キャパシタネットワーク24a、24b、24c、およびインダクタネットワーク26a、26bを交互接続する構造を反復することにより形成される。フィルタの出力信号はキャパシタ22cから出力伝送ライン28に伝送される。図4の等価回路を図5に示す。キャパシタンス $C_a$ 、 $C_b$ 、および $C_c$ はそれぞれ、キャパシタ22a、22b、22c、およびチューニング可能なキャパシタネットワーク24a、24b、24cの和である。インダクタンス $L_a$ および $L_b$ はそれぞれチューニング可能な誘導性ラインネットワーク26aおよび26bのインダクタンス値である。各キャパシタンス値 $C_a$ 、 $C_b$ 、 $C_c$ およびインダクタンス値 $L_a$ および $L_b$ は一緒に結合されてフィルタの周波数応答を決定するが、キャパシタネットワークおよびインダクタネットワーク内のMEMスイッチ群の少なくともいくつかを選択的に切り替えることにより変更可能である。

【0025】これらスイッチ群のいくつかを閉じ、他を開くことにより所望の周波数応答を得るようにフィルタをチューニングする。図4および5は1つのフィルタ構成のみを示すが、他の構成も実現可能である。

【0026】図6は入力42と出力44を有する主伝送

ラインセグメントを有したインピーダンスマッチングネットワークを示す。このネットワークはマイクロ波回路11の基板13上に実装される。このマイクロ波回路11はさらに、完全な伝送ライン回路を形成するために、基板直下にグラウンドプレーンを有する。伝送ライン40は特性インピーダンスを有する。この特性インピーダンスは実数であり、実質的に周波数に依存する。出力44の負荷のインピーダンスは伝送ラインの特性インピーダンスとは異なる値を取ることができ、負荷が容量性および/または誘導性構成要素を有する場合には複素数であってもよい。伝送ラインの特性インピーダンスが負荷インピーダンスと異なりかつ有効電気ライン長が適切にチューニングされていない場合には、不整合を生じ、入力42はネットワークからの電圧および/または電流反射を受ける。同様に、伝送ラインの特性インピーダンスと入力42の入カインピーダンスとの間に不整合があると、出力44は反射を受ける。反射波は所望のマイクロ波伝送と干渉し、伝送効率を低下させ、伝送ラインに望ましくない共鳴を生じる。

【0027】インピーダンスの不整合は固定の有効電気ライン長の場合、周波数に依存する。選択された周波数レンジ内の不整合は、伝送ラインに沿って選択された位置における1つ以上の所定の長さの分路スタブを接続することにより低減し、所望の周波数応答を出力することが可能である。分路スタブの長さを連続的に調節することによる一般的なチューニング方法は宇宙船応用には適していないので、固定長の分路スタブを設けなければならない。伝送ラインのための所望の有効電気長を得るためには、伝送ライン40の一方側あるいは両側の基板13上に複数の分路スタブ50を配置することが望ましい。各分路スタブは、開状態あるいは短絡状態のいずれかの状態を取り得る成端52を有する。MMICあるいはMIC基板上では、分路スタブとグラウンドプレーンとを接続する必要が無いように、分路スタブは開路成端を有することが望ましい。MMICまたはMIC上の短絡成端では分路スタブをグラウンドプレーンに電気的に接続するために基板を貫通する導体が必要になり、製造が困難になる。しかしながら、短絡は広い周波数レンジでより安定した成端を得ることができるので、ある応用では望ましい。

【0028】各分路スタブは各MEMスイッチ54を介して主伝送ライン40に接続される。分路スタブのいくつかのMEMスイッチを選択的に閉じ、他を開くことにより、所望の周波数レンジ内でのインピーダンス不整合を低減するように伝送ラインの所望の周波数応答を得ることができる。伝送ラインに沿って隣接する分路スタブ群のMEMスイッチ群の間隔は約 $1/4$ 波長あるいは $1/4$ 波長の整数倍が望ましい。各分路スタブの長さは約 $1/2$ 波長あるいは $1/2$ 波長の整数倍であることが望ましい。分路スタブの長さと同様の他の組み合わせも実

現可能である。分路スタブは同じ長さである必要はなく、間隔も同じである必要はない。

【0029】図7は基板13上に伝送ライン40、MEMスイッチ54および分路スタブ50を有した、切断線4b-4bから見た断面図である。コモングラウンドプレーン56は基板13直下に位置する。MEMスイッチは移動可能なカンチレバービームアーム58を有し、このアーム58は導電性スイッチパッド60に固定された固定端部を有するとともに、スイッチが閉じたとき接点パッド64に電気的に接続するように適合した可動端部を有する。ビームアーム58の動きは、ビームアーム直下の基板13上に配置されたスイッチング電極66に印加された動作電圧により制御される。動作電圧がスイッチング電極66に現れるとビームアーム自身がスイッチング電極の方へ変形して移動するもう1つの電極として作用するので、可動端部が接点パッド64に接触する。動作電圧は一般に約70V乃至90Vである。接点パッド64は伝送ライン40に接続され、スイッチパッド60は開路成端52を有する分路スタブ50に接続される。

【0030】図8はマイクロ波回路11の基板13上の増幅器ネットワークを示す。この回路はソリッドステート増幅器70から成り、入力72からのマイクロ波信号を増幅し、増幅された信号を出力74に出力する。大部分のソリッドステート増幅器、特に電力増幅器は望ましくない高調波出力信号を出力する非線形伝送応答特性を有する。高調波信号は基本周波数、すなわち入力信号の周波数の整数倍の周波数で発生される。入力伝送ラインセグメント76は入力信号を増幅器の入力に供給するように接続され、出力伝送ラインセグメント78は出力信号を伝送するように増幅器の出力に接続される。出力伝送ラインセグメント78から分岐した高調波チューニング伝送ラインセグメント80は、増幅器により生成された高調波を低減するために設けることが望ましい。

【0031】図6に示す構成と同様な構成の各MEMスイッチ54を介して複数の分路スタブ50が入力伝送ラインセグメント76に接続される。各分路スタブは開路成端52を有することが望ましい。MEMスイッチ群は入力インピーダンスとマッチングさせるために選択的にオンまたはオフされ、その結果、入力信号は入力ラインセグメント76に反射が生じないように増幅器72の入力に伝送することができる。

【0032】同様に、出力伝送ラインセグメント78は、図6に示すMEMスイッチ群と同様の各MEMスイッチ群54を介して複数の分路スタブ50が接続される。出力インピーダンスは、所望の周波数レンジで反射を低減するように分路スタブの少なくともいくつかを選択的にスイッチングすることによりマッチングを取る。殆どのソリッドステートマイクロ波増幅器は増幅器の出力端部に反射された電力に非常に敏感であり、反射され



た電力が十分に大きい場合には物理的に破損あるいは破壊することもあり得るので、出力インピーダンスのマッチングは重要である。それゆえ、出力ラインセグメント 78 から増幅器出力 74 への反射を防止することは安全な増幅動作を保証するために絶対必要である。分路スタブおよび相関する MEM スイッチを出力ラインセグメント 78 に沿ってさらに設けて、増幅器の出力 74 への反射をさらに低減するように精細なチューニングをすることも可能である。分路スタブは、所望の周波数レンジの反射を低減するように長さおよび間隔を変えてもよい。

【0033】高調波チューニング伝送ラインセグメント 80 は、高調波出力信号の振幅を低減するように選択的にオンまたはオフされる各 MEM スイッチ群 54 を介して複数の分路スタブ群 50 に接続される。増幅器は消去しなければならないいくつかの高調波周波信号を出力するが、これらの信号が出力ラインセグメント 78 に伝送されないように各成端 52 を有した分路スタブ 50 が配置される。適切にチューニングされた高調波チューニングラインセグメントは高調波信号を負荷 82 に向けさせる。負荷 82 は、出力ラインセグメント 78 に反射されない高調波信号のエネルギーを吸収するために高調波チューニングラインセグメント 80 の端部に設けることが望ましい。間隔の異なるおよび／または長さの異なる分路スタブを用いて利害のある高調波の吸収を最適にするようにしてもよい。

【0034】この発明のいくつかの図示実施例について説明したが、当業者には種々の他の実施例および変形例が可能である。そのような種々の変形例や他の実施例は、添付したクレームに定義したこの発明の精神と範囲から逸脱することなく着想および実施可能である。

【0035】

【発明の効果】この発明によれば、マイクロ波増幅器ネットワークにおいて、MEM スイッチ群を用いて入力伝送ラインおよび出力伝送ラインの有効な電気的長さを調節し、増幅器を所望の周波数応答にチューニングさせる。また、長さと場所を選択して多くの分路スタブを出力伝送ラインに接続することにより、伝送ラインの出力インピーダンスを変え、その結果増幅器ネットワークの周波数応答が変更される。各分路スタブは MEM スイッチにより伝送ラインに接続される。分路スタブのいくつかに対して MEM スイッチを選択的に閉じ、他の MEM スイッチを開くことにより、増幅器ネットワークの所望の周波数応答を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】基板上の複数のスイッチ群により接続された再構成可能な誘導性ラインネットワークの単純化した平面

図である。

【図 2】基板上の複数のスイッチ群により接続されたバイナリの重み付けがされた再構成可能なキャパシタネットワークの単純化した平面図である。

【図 3】バイナリの重み付けがされたキャパシタの極板群を示す、図 2 の切断線 2b-2b に沿った断面図である。

【図 4】複数のスイッチ群を有した図 1 および 2 の複数のキャパシタおよびインダクタを接続して形成されるマイクロ波フィルタの単純化した平面図である。

【図 5】図 4 に示すフィルタの等価回路図である。

【図 6】位置の異なる MEM スイッチ群を介して分路スタブが接続された伝送ラインセグメントの単純化した平面図である。

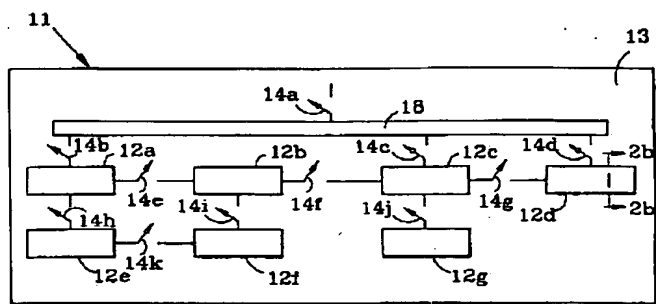
【図 7】MEM スイッチを介して伝送ラインセグメントを有した開回路分路スタブの接続を示す、図 6 の切断線 4b-4b に沿って切断した断面図である。

【図 8】MEM スイッチが接続された分路スタブを有したマイクロ波増幅器チューニングネットワークの単純化した平面図である。

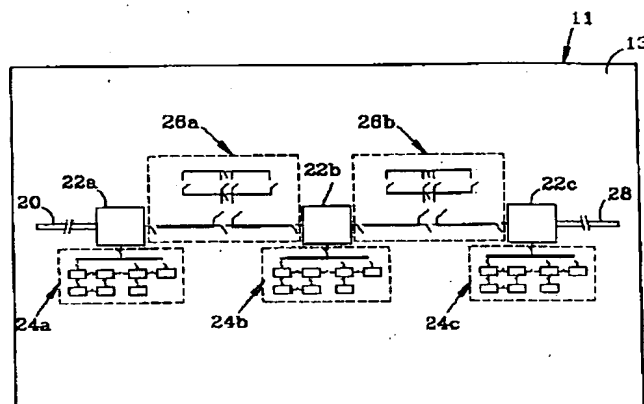
【符号の説明】

- 6a、6b、8a、... 8d...誘導性ライン
- 10a、10b、... 10k...スイッチ
- 12a、12b、... 12g...上側極板
- 14a、14b、... 14k...MEM スイッチ
- 16...グラウンドプレーン
- 22a、22b、22c...キャパシタ
- 24a、24b、24c...キャパシタネットワーク
- 26a、26b...インダクタネットワーク
- 28...出力伝送ライン
- 40...主伝送ラインセグメント
- 42...入力
- 44...出力
- 50...分路スタブ
- 52...開路成端
- 54...MEM スイッチ
- 58...ビームアーム
- 60...導電性スイッチパッド
- 64...接点パッド
- 70...ソリッドステート増幅器
- 72...入力
- 74...出力
- 76...入力伝送ラインセグメント
- 78...出力伝送ラインセグメント
- 80...高調波チューニング伝送ラインセグメント

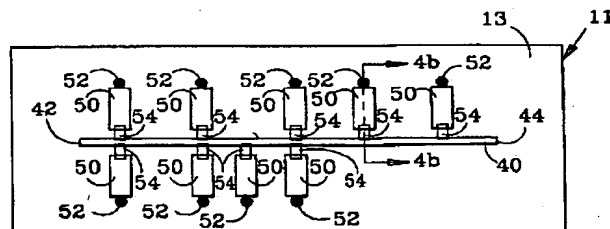
【図 2】



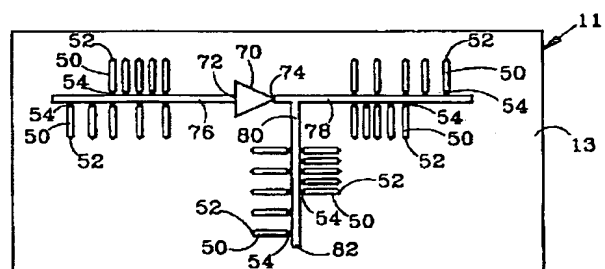
【図4】



【図 6】



【图 8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>H 0 3 H 7/12  
11/04

識別記号

F I

H 0 3 H 7/12  
11/04

G